

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-102982

(43)Date of publication of application : 09.04.2002

(51)Int.Cl. B21J 1/02
 C21D 8/00
 // C22F 1/00
 C22F 1/06
 C22F 1/18

(21)Application number : 2000-295383

(71)Applicant : MITSUI MINING & SMELTING CO
 LTD
 FUJIKURA NOBUO
 NIWA NAOKI
 ICHINOSE KAZUO

(22)Date of filing : 28.09.2000

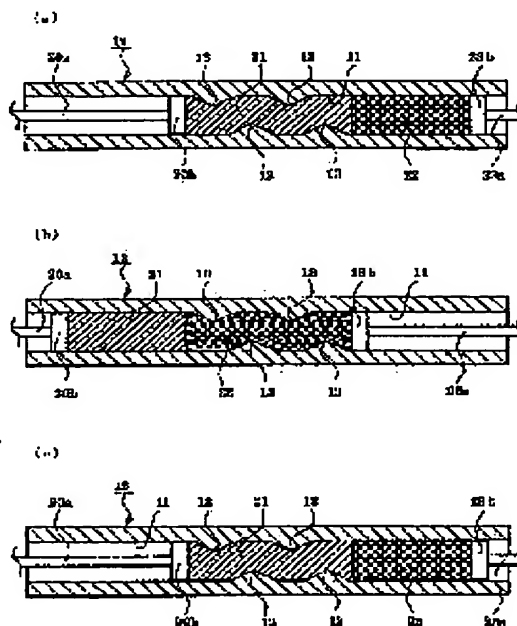
(72)Inventor : NIWA NAOKI
 ICHINOSE KAZUO
 TAKAHARA HIDEFUSA
 MORIYA HIDEAKI
 FUJIKURA NOBUO

(54) PLASTIC WORKING EQUIPMENT AND PLASTIC WORKING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To solve a problem that in the conventional plastic working method for a material, since the formation biased in a fixed direction is occurring, the plastic work has to be conducted repeatedly by changing the direction of the material in order to obtain an isotropic crystal accumulated with strains, which brings about a troublesomeness of the operation.

SOLUTION: On an innerface of a cylindrical channel 11, a plurality of barrier bodies 13 are provided so as to be asymmetrical in the axial direction, and a working object metal material 22 to be plastic-worked is press-put in the channel under heating. Since the plurality of a barrier bodies exist, the effect the same as a plurality of time plastic workings is obtained by a single press-in operation. Furthermore, since the barrier bodies are provided asymmetrically and the directions of the stresses applied are different, the displacement of the crystal becomes small.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-102982

(P2002-102982A)

(43)公開日 平成14年4月9日(2002.4.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード(参考)
B 2 1 J 1/02		B 2 1 J 1/02	Z 4 E 0 8 7
C 2 1 D 8/00		C 2 1 D 8/00	Z 4 K 0 3 2
// C 2 2 F 1/00	6 0 5	C 2 2 F 1/00	6 0 5
	6 1 2		6 1 2
	6 2 4		6 2 4

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-295383(P2000-295383)

(22)出願日 平成12年9月28日(2000.9.28)

(71)出願人 000006183

三井金属鉱業株式会社

東京都品川区大崎1丁目11番1号

(71)出願人 500453496

藤倉 信夫

千葉県千葉市若葉区若松町407-9

(71)出願人 500453566

丹羽 直毅

東京都新宿区西新宿1-24-2 工学院大
学工学部機械システム工学科内

(74)代理人 100086726

弁理士 森 浩之 (外3名)

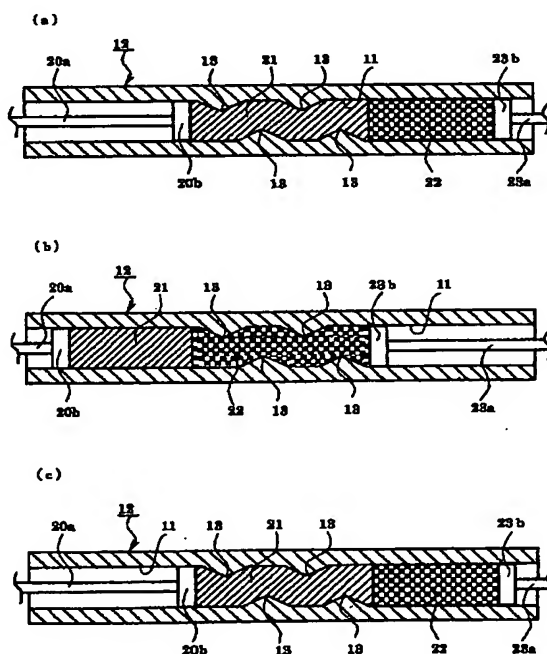
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 塑性加工装置及び塑性加工方法

(57)【要約】

【課題】 従来の材料の塑性加工方法では、一定方向に偏った粒子の形成が起きているため、歪が蓄積した等方性結晶を得るためには、材料の方向を変化させて塑性加工を繰り返して行う必要があり、操作が煩雑になる。

【解決手段】 筒状の流路11の内面に、複数のバリア体13を軸方向に非対称になるように設置し、この流路内に塑性加工すべき加工対象金属材料22を加熱下で圧入する。複数のバリア体が存在するため、単一の圧入操作により複数回の塑性加工と同等の効果が得られる。更にバリア体が非対称に設置され加えられる応力の方向が異なるため、結晶の偏位が少なくなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 筒状コンテナの流路に被加工材を強制流通させて塑性加工を行う装置において、前記筒状コンテナ流路の内面に複数のバリア体を設置し、該筒状コンテナ内に被加工材を供給し該被加工材を前記バリア体に接触させることにより、筒状コンテナ内に筒状コンテナ断面内で非対称な被加工材フローを形成し、多重歪みを前記被加工材内に創出することを特徴とする被加工材の塑性加工装置。

【請求項2】 バリア体を設置した筒状コンテナの一端から被加工材を圧入し、該被加工材を押出し、設置されたバリア体で構成された流路を通過させる工程で生ずる多重応力場で、前記被加工材に多重歪みを創出するようにした請求項1に記載の塑性加工装置。

【請求項3】 バリア体の形状が、多面体状、曲面形状又はそれらの組合せである請求項1又は2に記載の塑性加工装置。

【請求項4】 複数のバリア体の少なくとも1個を筒状コンテナ流路の内面に沿って移動可能とした請求項1から3までのいずれかに記載の塑性加工装置。

【請求項5】 筒状コンテナの流路内の被加工材の両側に1対のブランジャを設置し、該ブランジャと前記筒状コンテナの相対移動により筒状コンテナ断面内で非対称な被加工材フローを形成するようにした請求項1から4までのいずれかに記載の塑性加工装置。

【請求項6】 筒状コンテナの流路の内面に、複数のバリア体を筒状コンテナ断面内で非対称となるように設置した被加工材の塑性加工装置の前記流路の一端から、被加工材を圧入し、該被加工材の押出により、設置されたバリア体で構成された流路を通過させる工程で生ずる多重応力場で、前記被加工材に多重歪みを創出し、前記被加工材の塑性加工を行うことを特徴とする方法。

【請求項7】 筒状コンテナ、該筒状コンテナの流路内面に軸に対して非対称となるように設置した複数のバリア体、及び前記筒状流路内の該複数のバリア体の両側に設置した1対のブランジャを有する塑性加工装置の、前記1対のブランジャ間に、被加工材及びダミー材料とを位置させ、前記両ブランジャ及び／又は筒状コンテナの運動により前記被加工材及びダミー材料とを運動させ、少なくとも前記被加工材を前記バリア体に接触させて歪みを与えることを特徴とする被加工材の塑性加工方法。

【請求項8】 加工を冷間、温間又は熱間で行うようにした請求項6又は7に記載の塑性加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、塑性加工により金属の集合組織制御や結晶粒微細化など所定の組織制御の目的に合わせた所定の歪み状態の材料として得るための塑性加工装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の塑性加工は、被加工材に圧延、押出及び引拔等の強い加工を施すことにより行われ、該塑性加工を行うと、いわゆる集合組織の形成は避けられず、加工された材料は異方性を有する材料特性を示す。該異方性を積極的に利用することもあるが、該異方性が望ましくない場合は熱処理などにより前記異方性を除く処理が行われる。従って前記塑性加工状態では等方性材料は得られない。

【0003】他方、最近強加工を施して結晶の微細化を達成する研究開発が活発に行われており、例えば次の文献にレビューとして開示されている（例えばF.J.Humphreys, P.B.Pranqnell and R.Priestner, "Fine-Grained Alloys by Thermomechanical Processing", Proceedings of the Fourth International Conference on Recrystallization and Related Phenomena, edited by T.Sakai and H.G. Suzuki, 1999, p69)。

【0004】前記文献に開示された強加工法のうち、例えば直角などのある角度を有する曲がった流路（ダイキャビティ）を利用した高剪断歪み付加プロセスが注目されている。このプロセスはE C A E (equal-channel-angular-extrusion)プロセスと呼ばれ、直角又は傾斜したダイキャビティに凝固材を供給して押出し－引拔きを行うことで角度部において高い剪断歪みを付与するように被加工材を塑性加工する方法であり、強加工により結晶粒の微細化が達成できることが立証された。しかるに塑性加工された被加工材には一方向に偏った粒子の微細化やリボン化が起きているため、等方微細化結晶を得るためには、傾斜角90度で被加工材の方向を少なくとも4回（90度ずつ回転）変化させて工程を繰り返す必要があることが前記文献のP301にZ.Horitaらにより開示されている。

【0005】このE C A E プロセスを図3及び図4に基づいて説明する。図3はE C A E プロセスに使用可能なダイの斜視図、図4は図3の要部の拡大縦断面図である。図3に示すように、直方体のダイ1には、上面の開口部2から下降し、右方向に直角に折れ曲がった後に、ダイ1の側面の達して開口するダイキャビティ3が穿設されている。このダイ1を加熱しながら、ブランジャー（図示略）を使用して直方体状の被加工材4を前記開口部2からダイキャビティ3中に圧入すると、該被加工材はダイキャビティ3中の直角部分で剪断力を受けて対応するダイキャビティ3の形状に応じて図4に示すように変形する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この際に被加工材4の結晶粒には圧縮場で滑り帯が生じて旧結晶粒を剪断破壊して、一定方向に偏った粒子の微細化が起こる。そして図4の状態にある被加工材4に更に力を加えあるいは引張応力を加えると、ダイ1の側面の開口部5から塑性加工された被加工材6として取り出される。この方法によ

り、実際に1 μ mオーダーの塑性加工された高剪断歪みを有するアルミニウム合金やマグネシウム合金が実験室規模で得られており、有効な方法であるといえる。しかし塑性加工された被加工材には前述した通り一定方向に偏った粒子の微細化が起こっているため、等方微細化結晶を得るためには、被加工材の方向(位相)を変化させて再度ダイ1を通して塑性加工を行う必要がある。

【0007】このように前記ECAEプロセスは圧入される材料のフローの方向が2方向に限定され、繰り返し工程により高剪断歪みを被加工材に与えられるという利点はあるものの、等方微細化結晶を得るには工程が複雑すぎて生産性が向上しないという欠点がある。又マグネシウムのように成形性が悪い材料では、加熱状態で塑性加工する必要があるが、前述の工程を繰り返すと、材料の酸化等による劣化が起こってしまう。

【0008】更に被加工材に付与される歪みは材料全体に均一に分布していることが望ましいが、その歪みの程度は高ければ良い訳ではなく、被加工材の用途に応じた歪みが付与できることが望ましい。前述のECAE法では材料がダイキャピティ3中の直角部分で剪断力を受けて対応するダイキャピティ3の形状に変化するため、強い応力を受けて高歪みが発生し、比較的小さい歪みを有する材料を塑性加工で得ることは困難である。このように従来は低歪み状態から高歪み状態までの任意の歪み量を有する被加工材を得ること及び比較的簡単な操作で高歪み状態の塑性加工した被加工材を得ることが実質的に不可能であった。従って本発明は、より簡便な手法で好ましくは被加工材を加工用コンテナから外部に取り出すことなく塑性加工して、所定の性能、特に低歪み状態から高歪み状態までの任意の歪み量を有する被加工材、あるいは高歪みや等方微細化結晶を有する被加工材を得ることができる塑性加工装置及び塑性加工方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、筒状コンテナの流路に被加工材を強制流通させて塑性加工を行う装置において、前記筒状コンテナ流路の内面に複数のバリア体を設置し、該筒状コンテナ内に被加工材を供給し該被加工材を前記バリア体に接触させることにより、筒状コンテナ内に筒状コンテナ断面内で非対称な被加工材フローを形成し、多重歪みを前記被加工材内に創出することを特徴とする被加工材の塑性加工装置、筒状コンテナの流路の内面に、複数のバリア体を筒状コンテナ断面内で非対称となるように設置した被加工材の塑性加工装置の前記流路の一端から、被加工材を圧入し、該被加工材の押出により、設置されたバリア体で構成された流路を通過させる工程で生ずる多重応力場で、前記被加工材に多重歪みを創出し、前記被加工材の塑性加工を行うことを特徴とする方法である。

【0010】以下本発明を詳細に説明する。本発明の塑

性加工の対象となる被加工材は、アルミニウム、マグネシウム、鉄及びチタン等の純金属、及びそれらの合金又は金属間化合物、セラミックス、樹脂及びこれらの複合体であるハイブリッド材等を含む。本発明では、このような材料から成る加工対象材(被加工材)を、塑性加工装置のその内面に複数のバリア体が形成された筒状コンテナの流路に圧入する。各バリア体は筒状コンテナの流路の一部を閉塞するように設置されているため、筒状コンテナの流路に圧入された被加工材は、前記バリア体に接触して流路が変更され、設置されたバリア体及び筒状コンテナ内壁で構成された流路を通過させる工程で生ずる多重応力場で、前記被加工材の塑性加工が行われて、該被加工材中に歪みが生成する。

【0011】そして前記バリア体は複数個形成されているため、前記被加工材は各バリア体との接触ごとにこのような多重応力系が形成し、かつ塑性加工が行われる。従ってバリア体の数と同じ回数の塑性加工を受けることになり、バリア体の数の増加に伴ってより均一でより微細な構造が得られることになる。更に全てのバリア体が筒状コンテナ断面内で非対称に配置されているため、各バリア体により塑性加工中の被加工材が異なった方向に変形するため、加工中の被加工材を筒状コンテナの流路内に再圧入させることなく、被加工材に印加される応力の方向を変えることができる。ここで筒状コンテナ断面内の「断面」とは筒状コンテナ内壁に対して垂直方向の面をいう。本発明のバリア体は、前述の通り筒状コンテナの流路の一部を閉塞するような形状を有すれば良く、特に限定されないが、断面が円弧状、矩形、多角形状又はそれらの組合せ等とし、その表面形状が多面体形状や、球形及び楕円形等の曲面形状であることが好ましい。このバリア体は筒状コンテナの内面に接するように設置されるが、該バリア体は筒状コンテナと一体成形しても、又は筒状コンテナに穿設した孔に嵌合しても、あるいは平面又は曲面状の前記筒状コンテナ内面に接着剤により接着するようにしても良い。

【0012】又このバリア体は被加工材と接触し流れの方向を変える働きをするから、該バリア体との接触により被加工材中に空洞が生じたり、被加工材に欠陥を生じさせたりすることがないように配慮することが望ましく、例えばバリア体のコーナーに相当する部分に僅かな湾曲を付して加工対象の被加工材の損傷を防止する。更に該バリア体は加工対象の被加工材が円滑に接触することが好ましく、所謂デッドスペースが生じると処理効率が低下する。各バリア体は被加工材と反応せずかつ被加工材に対する耐性を有すれば、どのような材料であっても良い。

【0013】なお本発明で使用する被加工材は加工前には直方体状又は円柱状等の通常の形状を有していることが望ましく、加工後にも当初の形状と同じ又はそれに近い取扱いを行いやすい形状とすることが好ましい。本発

明のように筒状流路を有する装置で塑性加工を行うと装置からは前記筒状流路と同じ断面形状の塑性加工済みの被加工材として得られ、例えば筒状流路が円筒状流路であると円筒形の被加工材として、又四角形の筒状流路であると直方体の被加工材として得られる。これら以外の形状として被加工材を得たい場合には、装置端部に、又は装置と連続して所定の型を設置して形状の調節を行う。しかし単なる押出加工では、強加工により変形した被加工材が元の形状やサイズに戻りにくくなる。より円滑に元の又はそれに近い形状に戻すためには、被加工材の10 前部側より後部側に大きな応力を加えれば良く、これを達成するためには、例えば本発明装置に精密油圧装置を2個設置し、両油圧装置をリンクしながら駆動して応力を調節すれば良い。このような構成にすると、加工される被加工材と筒状コンテナ間にデッドスペースが生じにくくなる。

【0014】多数のバリア体を設置しておくことで多数の塑性加工を受けることになり、単一回の押出加工で、従来のE C A Eプロセス等で、加工対象の被加工材の圧入―単一塑性加工処理―加工された被加工材の取り出し―被加工材の再圧入の繰り返し処理を行うのとはほぼ同等の処理効果が得られる。従って筒状コンテナの流路への被加工材の単一回の圧入により所定特性の塑性加工された被加工材を得ることも可能になる。しかし単一回の圧入による塑性加工処理では所定の特性が得られない場合は、従来のように装置から取り出し、再度装置の筒状流路に圧入しても良いが、塑性加工装置を往復処理が可能なような構造とし、バリア体が設置されたエリアから離脱した10 ながら依然として前記流路内にある被加工材を再度バリア体が設置されたエリアに圧力を加えながら戻すことにより、複数回の塑性加工処理を受けさせても良く、この場合には更に塑性加工つまり高歪み化が進行し、所定の特性の被加工材が得られる。

【0015】筒状コンテナの流路中にバリア体が設置されているという特殊性から、往復押出加工を行うためには、加工対象の被加工材以外にダミー材料を使用する。このダミー材料自体は加工を意図しないため、被加工材以外の材料でも良く、適度な硬度を有し、筒状流路内で変形した加工対象の被加工材をバリア体設置エリア以外に押し出し、かつ前記流路の内面に応じた形状に変形させる役割を有する。しかしこのダミー材料自身もバリア体と接触して塑性加工を受けるため、加工対象の被加工材と同じ材料又は被加工材として使用可能な材料とすると、該被加工材と同等又はやや劣った塑性加工条件で加工されて、ある程度の歪みと等方微細化結晶を有する塑性加工済材料が得られ、用途によっては本来の加工対象の被加工材と同じようにして高歪み及び等方微細化結晶を有する塑性加工された被加工材として使用することもできる。

【0016】本発明では単一回の加工対象被加工材の筒

状流路への圧入により、例えば従来のE C A Eプロセスの場合の単一回の圧入処理を複数回繰り返すのと同等の効果が得られる。従って単一の押出加工により所定の特性の被加工材が得られることがあり、又仮に単一の圧入操作で所定の特性の被加工材が得られなくても、往復押出加工を複数回繰り返すことにより優れた性能の被加工材が得られ、この繰り返し回数は従来より遙かに低く抑えることができる。そして本発明によると、高歪みを有する被加工材が得られるだけでなく、バリア体の数や形状（流路を閉塞する度合い）、及び往復回数等を調節することにより、所定の歪み度を有し更に該歪みがほぼ均一に分散している被加工材が得られる。

【0017】次に本発明による被加工材の塑性加工の理論解析及びモデル実験に関し、図1のダイアグラムを用いて説明する。図1は流路断面が直方体であり流路の上面内壁にバリア体①を、下面内壁にバリア体②を設置した筒状コンテナに図の左側から被加工材を圧入して右側から塑性加工を施した被加工材を取り出すモデルを示している。なお図1中、両端の影の部分及び両者を結ぶ折れ線部分（中に矢印を含む）は被加工材の微小部分の移動状況を示す。又バリア体は断面が図示の通り三角形で図面と垂直方向に延びる三角柱の形状を有し、三角形の斜面の部分が前記流路の上下の内壁のいずれかに接触している。

【0018】このモデルを使用して、金属が受ける歪みを上界法により説明する。この上界法では次のように仮定する。

- ① 筒状コンテナは剛体とする。
- ② 金属はミゼスの応力―歪み速度法則に従う（金属が弾性変形をせず、一定の降伏応力の値を維持し、加工硬化もしない剛完全塑性体である）。
- ③ 金属の変形は運動学的可容である（2つの領域が隣合う境界面では、この境界面に対する両領域の垂直速度成分は互いに等しい）。
- ④ 筒状コンテナと金属の接触面は速度不連続面である。
- ⑤ 筒状コンテナ内は金属で満たされている。
- ⑥ 筒状コンテナと金属間、及び金属とバリア体間の界面の摩擦損失を考慮しない。

【0019】更に図1では前述の通り筒状コンテナの流路を4角が全て直角な直方体とし、従って金属は筒状コンテナの流路内で平面歪み変形を被る。図1において、三角領域BCDは辺BCと辺CDを等辺とする二等辺三角形であるバリア体①を示し、同様に三角領域B' C' D'はバリア体②を示す。両バリア体①②は同一形状及び寸法である。バリア体①に対するバリア体②の点D'は $\angle D' C I' = \alpha / 2$ となる軸方向位置に配置されている。向かい合う筒状コンテナの内壁間の間隔を t_0 とし、バリア体①の頂点Cとそれに向かい合うコンテナ内壁までの垂直距離を t_1 とする。

【0020】 剪断境界（剪断を受ける境界面）を用いて、金属の剛体移動（変形せず並進のみ）と変形を次の領域に分割して算出する（図1参照）。

- A. 領域Ⅰ・・・剛体移動（未変形領域）
 B. 剪断境界 $\Gamma 1$ ・・・領域Ⅰからの金属がこの面上で剪断変形を受け、領域Ⅱでの収斂流れに変わる境界面を表す。 $\Gamma 1$ に沿う速度不連続により剪断歪みを被る。
 C. 変形領域Ⅱ・・・扇形の頂点Oに向かって $\Gamma 2$ に至るまで収斂流れによる歪みを被る領域を表す。
 D. 剪断境界 $\Gamma 2$ ・・・領域Ⅱで収斂流れを経た金属がこの面上で剪断変形を受け、領域Ⅲの剛体移動に変わる境界面を表す。 $\Gamma 2$ に沿う速度不連続により金属は剪断歪みを被る。
 E. 領域Ⅲ・・・剛体移動を行う（コンテナ内壁に平行な並進）
 F. 剪断境界 $\Gamma 3$ ・・・領域Ⅲの金属がこの面上で剪断変形を受け、領域Ⅳでの剛体移動に変わる境界面を表す。 $\Gamma 3$ に沿う速度不連続により金属は剪断歪みを被る。

【0021】 G. 領域Ⅳ・・・剛体移動を行う（バリア体①の面CDとバリア体②の面D' C'により構成された平行領域で金属は並進する）

$$\varepsilon_{II} = (2/3^{1/2}) \times \ln(t_0/t_1) \times E (3^{1/2}/2, \alpha) / \sin \alpha \quad (1)$$

ここで $E (3^{1/2}/2, \alpha) / \sin \alpha$ は楕円積分の値である。変形領域Ⅱの拡散流れによる平均相当歪み

$$\varepsilon_{II} = \varepsilon_{II}' \quad (2)$$

【0023】 b. 円弧状剪断境界面 $\Gamma 1$ 、 $\Gamma 2$ 、 $\Gamma 2'$ 及び $\Gamma 1'$ での平均剪断歪み

円弧状剪断境界面 $\Gamma 1$ 、 $\Gamma 2$ 、 $\Gamma 2'$ 及び $\Gamma 1'$ での平均

$$\gamma_1 = (1/3^{1/2}) \times [\tan(\alpha/2)] \quad (3)$$

剪断境界面 $\Gamma 2$ 、 $\Gamma 2'$ 及び $\Gamma 1'$ での平均剪断歪みも

$$\gamma_2 = \gamma_2' = \gamma_1' = \gamma_1 \quad (4)$$

c. 平面剪断境界面 $\Gamma 3$ 及び $\Gamma 3'$ での歪み

剪断境界面 $\Gamma 3$ での剪断歪み γ_3 は式(5)で与えられ

$$\gamma_3 = (2/3^{1/2}) \times [\tan(\alpha/2)] \quad (5)$$

剪断境界面 $\Gamma 3'$ での歪み γ_3' も γ_3 に等しく式(6)

$$\gamma_3' = \gamma_3 \quad (6)$$

【0024】 d. 領域Ⅰから領域Ⅰ'までに金属が被る歪み

式(1)から(6)を組合せてそれぞれ特徴ある領域と剪断境界面での歪みを算出できる。

$$\varepsilon_{cd} = (4/3^{1/2}) \times \ln(t_0/t_1) \times E (3^{1/2}/2, \alpha) / \sin \alpha \quad (7)$$

ii) 円弧状剪断境界面 $\Gamma 1$ 、 $\Gamma 2$ 、 $\Gamma 2'$ 及び $\Gamma 1'$ の歪みの和を ε_{sp} とすると、式(3)と式(4)の和から ε_{sp}

$$\varepsilon_{sp} = (4/3^{1/2}) \times [\tan(\alpha/2)] \quad (8)$$

iii) 平面剪断境界面 $\Gamma 3$ 及び $\Gamma 3'$ での歪みの和を ε_p とすると、式(5)と式(6)により ε_p は下式のように算出

$$\varepsilon_p = (4/3^{1/2}) \times [\tan(\alpha/2)] \quad (9)$$

【0025】 次にこれらの値から歪みの総和 ε_{sum} を計算すると式(10)のようになる。

$$\varepsilon_{sum} = (4/3^{1/2}) \times \ln(t_0/t_1) \times E (3^{1/2}/2, \alpha) / \sin \alpha + (8$$

* H. 剪断境界 $\Gamma 3'$ ・・・領域Ⅳの剛体移動から領域ⅡⅠ'の剛体移動に変わる境界面を示す。 $\Gamma 3'$ に沿う速度不連続により金属は剪断歪みを被る。

I. 領域Ⅲ'・・・剛体移動を行う（コンテナ内壁に平行な並進）

J. 剪断境界 $\Gamma 2'$ ・・・領域Ⅲの剛体移動から、領域Ⅱ'の拡散流れに変わる境界面を表す。 $\Gamma 2'$ に沿う速度不連続により、剪断歪みを被る。

K. 変形領域Ⅱ'・・・扇形の頂点O'を通る半径線上で、剪断境界 $\Gamma 2'$ から発した金属が $\Gamma 1'$ に至るまでの拡散流れ領域を示す。この領域で拡散流れによる歪みを被る。

L. 剪断境界 $\Gamma 1'$ ・・・領域Ⅱ'で拡散流れを経た金属が剪断変形を受け、領域Ⅰ'の剛体移動に変わる境界面を表す。 $\Gamma 1'$ に沿う速度不連続により、剪断歪みを被る。

M. 領域Ⅰ'・・・剛体移動を行う（変形終了域）。

【0022】 次に各領域又は境界面で金属が被る歪みについて説明する。

a. 編成領域Ⅱ及びⅡ'の歪み

変形領域Ⅱの収斂流れによる平均相当歪み ε_{II} の値は下式の通りになる。

* ε_{II}' は領域Ⅱの平均相当歪みに等しく、次式となる。

★均剪断歪み γ_1 、 γ_2 、 γ_2' 及び γ_1' は次のように求められる。剪断境界面 $\Gamma 1$ での相当剪断歪み γ_1 は式(3)で与えられる。

◆る。

* i) 平均相当歪みの値を ε_{cd} とすると、領域Ⅱでの歪みの式(1)と領域Ⅱ'での歪みの式(2)との和から ε_{cd} が下式のように算出できる。

★が下式のように算出できる。

☆出できる。

$$\left(\frac{1}{3^{1/2}} \right) \times \left[\tan(\alpha/2) \right]$$

そしてバリア体①及び②の傾斜角 $\alpha = 20^\circ$ と仮定すると、楕円積分 $(E(3^{1/2}/2, \alpha) / \sin \alpha)$ の値は 1.005 となる。そして $\ln(t_0/t_1) = \ln(1/0.75) = 0.29$ である。従って $\varepsilon_{\text{sum}} = 0.67 + 0.81 = 1.48$ となり、このように図 1 に示した筒状コンテナを使用して金属の塑性加工する場合の上界法モデルにより算出される金属中に蓄積される歪みが得られる。

【0026】断面減少率が 99% である強加工での歪みは約 4.6 に相当する。従って図 1 のモデルの塑性加工を 4 回繰り返すこと、例えばバリア体の数を 4 個とし、ブランジャ（図示略）を 1 回往復運動させることであるいはバリア体の数を 8 個とすることで 4.6 を超える歪みを有する金属を製造できる。更に前述の計算式の傾斜角 α を 0 に近づけると歪みが小さくなる。そしてこの傾斜角は連続的に変化させられるため、この傾斜角を調節することにより任意の歪みを有する金属を提供できる。又このモデルでは、バリア体を上下のみに設置したが直方体の 4 辺に設置したり、筒状コンテナを円筒状としてその内壁にバリア体を放射状に設置するなどして歪みの分散をより以上に均一化することもできる。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明の被加工材の塑性加工装置及び方法の実施の態様を、添付図面に基いてより詳細に説明する。図 2 a から 2 c は、本発明装置により加工対象の被加工材を塑性加工する要領を例示する一連の縦断面図である。図 2 a から 2 c に示す被加工材の塑性加工装置は、角筒状の流路 11 を有する筒状コンテナ 12 から成り、前記流路 11 の中央部の上側にはやや離間して、前記筒状コンテナ 12 と一体成形された三角柱状の 2 個のバリア体 13 が隆起して配置されている。

【0028】又前記流路 11 の中央部の下側にはやや離間して、前記筒状コンテナ 12 と一体成形された三角柱状の 2 個のバリア体 13 が、上側のバリア体 13 とは互い違いに隆起するように配置され、図 2 a の例では角筒状流路 11 内に計 4 個のバリア体 13 が設置されている。前記バリア体 13 は図示の例では三角柱状としているが、半円柱状等でも良く、なるべく角部が存在しないゆるやかな湾曲面で形成され、加工対象の被加工材に損傷を与えないようにすることが望ましい。

【0029】角筒状流路 11 内部の左側には、図 2 a に示すように、第 1 ブランジャ 20a が、角筒状流路 11 の内面に沿って摺動自在に設置され、該ブランジャ 20a の押圧面 20b が前記 4 個のバリア体 13 が設置された流路内に予め圧入して存在するダミー材料 21 に接するように位置している。次いで角筒状流路 11 内に右側の開口部からマグネシウム合金等の角柱状の加工対象の被加工材 22 を供給し、更に押圧面 23b を有する第 2 ブランジャ 23a により被加工材 22 を圧入して加熱下又は室温下で押出加工を行う。

(10)

【0030】第 2 ブランジャ 23a による圧入で被加工材 22 は、まず図 2 b に示す下側内壁面の右側のバリア体 13 に接触する。該バリア体 13 は角筒状流路 11 内で下側に偏位しているため、加工対象の被加工材 22 は角筒状流路 11 内の上半分を移動する。被加工材 22 は続いて上側内壁面の右側のバリア体 13 に接触して、角筒状流路 11 内の下半分を移動する。更に加工対象の被加工材 22 は残りの 2 個のバリア体 13 に接触して同様の加工を受け、最終的に被加工材 22 はバリア体 13 及び筒状コンテナ 12 の流路 11 内面に対応した形状に変形する（図 2 b）。

【0031】図 2 b の状態から第 1 ブランジャ 20a を図面の右方向に移動させると、ダミー材料 21 が変形した被加工材 22 を右方向に押圧しながら移動する。この際に変形した被加工材 22 は再度各バリア体 13 に接触して変形し歪みが蓄積される。バリア体 13 との接触が終了した被加工材 22 は更に右方向に移動して流路 11 の内壁に接触して成形されて当初の形状に戻る（図 2 c）。この際にダミー材料 21 は図 2 c に示すような形状に戻る。なお、この際に第 2 ブランジャ 23b と第 1 ブランジャ 20a の相互の移動速度のバランスをとってコンテナと被加工材との間に空隙が生じないようにすることが望ましい。このように加工対象の被加工材 22 はバリア体 13 による変形から復元する。図 2 c の状態で既に所定の特性を有する被加工材となっている場合には角筒状流路 11 の右側の開口部から取り出し原料として使用すれば良い。

【0032】しかしこの単一の押出による塑性加工では、加工対象の被加工材 22 は十分な特性を付与されない場合には、再度第 2 ブランジャ 23a を左方向に移動させ図 2 b に示すように被加工材 22 に変形を付与し、更に第 1 ブランジャ 20a を右方向に移動させる。これにより加工対象の被加工材 22 は再度バリア体 13 による変形を受け、更に特性が向上する。図 2 b と図 2 c の工程を必要回数繰り返すと、加工対象の被加工材 22 に十分な特性が生じ、角筒状流路 11 から取り出して適宜の用途に使用できる。この繰り返し工程を実施する場合でも、被加工材 22 を筒状コンテナ 12 外に取り出す必要はなく、酸化しやすい被加工材の場合でも該材料の特性を劣化させることなく、塑性加工を実行できる。

【0033】なおこれまでの説明でも分かるように、本実施態様の塑性加工方法では、被加工材 22 だけでなく、ダミー材料 21 もバリア体 13 による塑性加工を受けて、所定特性又はそれに近い特性を有する材料となる。従って本実施態様で説明したダミー材料として所定の被加工材を使用すると本来の被加工材以外にも同等又はそれに近い被加工材を得ることができる。又本実施態様ではダミー材料を 1 個使用する例を示したが、被加工材の両側に 2 個のダミー材料を位置させても良い。

【0034】又本実施態様では、角筒状流路内の上側及び下側に交互に位置する 4 個のバリア体による塑性加工

を例示したが、バリア体の数及び配置はこれに限定されず、例えば3個のバリア体がそれぞれが120°ずつ離れた放射状配置としたり、4個のバリア体がそれぞれが90°ずつ離れた放射状配置としたりすることができ、これらの場合には被加工材がより良好に変形して所定の被加工材を製造できる。

【0035】

【発明の効果】本発明は、筒状コンテナの流路に被加工材を強制流通させて塑性加工を行う装置において、前記筒状コンテナ流路の内面に複数のバリア体を設置し、該筒状コンテナ内に被加工材を供給し該被加工材を前記バリア体に接触させることにより、筒状コンテナ内に筒状コンテナ断面内で非対称な被加工材フローを形成し、多重歪みを前記被加工材内に創出することを特徴とする被加工材の塑性加工装置（請求項1）である。この塑性加工装置を使用して被加工材の塑性加工を行うと、該被加工材が筒状流路内のバリア体に接触して変形し該被加工材中に歪みが生成する。複数のバリア体を使用するため歪みの偏りが少なくなり、良好な特性の被加工材が得られる。又バリア体の数を増減させることにより所定の歪み量、換言すると低歪みから高歪みまでの実質的に任意の歪み量を有する被加工材を得ることができる。

【0036】そして本発明では、バリア体を設置した筒状コンテナの一方端から被加工材を圧入し、該被加工材を押し出し、設置されたバリア体で構成された流路を通過させる工程で生ずる多重応力場で、前記被加工材に多重歪みを創出することができる（請求項2）。従って従来のECAE法のように1工程ごとに外部に取り出し、被加工材の位相を変えて再圧入するといった煩雑な工程を必要とすることなく、多重歪みを創出できる。バリア体の形状は、多面体状、曲面形状又はそれらの組合せ等特に限定されないが（請求項3）、鋭角的な箇所を形成せずに、加工される被加工材を損傷しないようにすることが望ましい。又複数のバリア体の少なくとも1個を筒状コンテナ流路の内面に沿って移動可能としておくと（請求項4）、バリア体を交換することなく、歪み量や歪みの方向性を調節できる。

【0037】又本発明装置では、筒状コンテナの流路内の被加工材の両側に1対のブランジャを設置し、該ブランジャと前記筒状コンテナの相対移動により筒状コンテ

ナ断面内で対称な被加工材フローを形成することができ（請求項5）。この相対移動とは、ブランジャ単独又は筒状コンテナ単独あるいは両者の移動を含み、加工対象の被加工材がバリア体に接触すればどの部材を移動させても良い。又本発明方法は、筒状コンテナの流路の内面に、複数のバリア体を筒状コンテナ断面内で非対称となるように設置した被加工材の塑性加工装置の前記流路の一方端から、被加工材を圧入し、該被加工材の押出により、設置されたバリア体で構成された流路を通過させる工程で生ずる多重応力場で、前記被加工材に多重歪みを創出し、前記被加工材の塑性加工を行うことを特徴とする方法である。

【0038】この塑性加工方法を使用して被加工材の塑性加工を行うと、該被加工材が筒状流路に筒状コンテナ断面内で非対称に設置されているバリア体に接触して加工対象の被加工材の流路が変更されて多重応力場が生じて前記被加工材の塑性加工が行われて、該被加工材中に高歪みが生成する。そしてこの場合の歪み量はバリア体の数や形状により容易に調節できる。更に本発明方法は、ダミー材料を併用し、ブランジャを使用する押出加工として実施することもでき（請求項7）、特にブランジャを往復させる往復押出加工としても実施すると、被加工材を外部に取り出すことなく、複数回の塑性加工を実施できる。又本発明方法では、加工を冷間、温間又は熱間のいずれで行っても良い（請求項8）。

【図面の簡単な説明】

【図1】上界法モデルを説明するための図。

【図2】図2a～2cは、本発明により塑性加工を行う一連の工程を示す縦断面図。

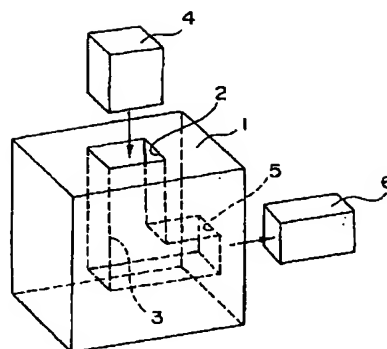
【図3】従来法による塑性加工の要領を示す斜視図。

【図4】図3の装置の部分縦断面図。

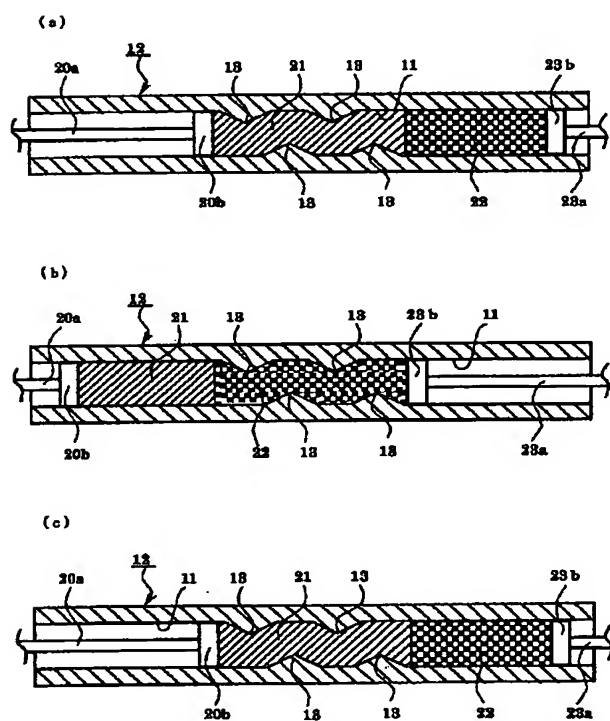
【符号の説明】

- 11 流路
- 12 筒状コンテナ
- 13 バリア体
- 20a 第1ブランジャ
- 21 ダミー材料
- 22 被加工材
- 23a 第2ブランジャ

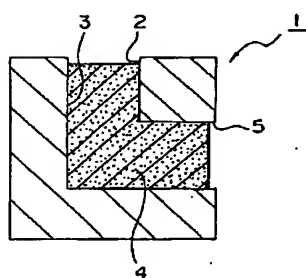
【圖3】



【圖2】



【圖4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	タームコード (参考)
C 2 2 F	1/00	6 3 0	6 3 0 K
		6 8 0	6 8 0
		6 8 5	6 8 5 Z
	1/06		
	1/18		H
(71)出願人	500453577	(72)発明者	高原 秀房
	一之瀬 和夫		埼玉県上尾市原市1333-2 三井金属鉱業
	東京都新宿区西新宿1-24-2 工学院大		株式会社総合研究所内
	学工学部機械システム工学科内	(72)発明者	守谷 英明
(72)発明者	丹羽 直毅		埼玉県上尾市原市1333-2 三井金属鉱業
	東京都新宿区西新宿1-24-2 工学院大		株式会社総合研究所内
	学工学部機械システム工学科内	(72)発明者	藤倉 信夫
(72)発明者	一之瀬 和夫		千葉県千葉市若葉区若松町407-9
	東京都新宿区西新宿1-24-2 工学院大	F ターム (参考)	4E087 AA02 CA22 CB01 CB02 CB03
	学工学部機械システム工学科内		EC11
			4K032 CA00 CB00